

ANT- XIX- 1383 (8)

*R. G. G. G. G.*

# MEMORIA

ACERCA DE LAS OBSERVACIONES HECHAS

EN LA

# EXPLOTACIÓN DEL PANTANO DE PUENTES

ESCRITA POR EL INGENIERO

DON RICARDO EGEA



Publicada por orden de la Dirección general á propuesta  
del Consejo de Obras públicas.



MADRID

IMPRENTA DE LA SUCESORA DE M. MINUESA DE LOS RÍOS

Miguel Servet, 13. — Teléfono 651

1901

230ms

R. 71.039

# MEMORIA

ACERCA DE LAS OBSERVACIONES HECHAS

EN LA

# EXPLOTACIÓN DEL PANTANO DE PUENTES

ESCRITA POR EL INGENIERO

DON RICARDO EGEA



Publicada por orden de la Dirección general á propuesta  
del Consejo de Obras públicas.



MADRID

IMPRENTA DE LA SUCESORA DE M. MINUESA DE LOS RÍOS

Miguel Servet, 13. — Teléfono 651.

1901



# MEMORIA

ACERCA DE LAS OBSERVACIONES HECHAS

EN LA

## EXPLOTACIÓN DEL PANTANO DE PUENTES

---

Cumpliendo con las indicaciones marcadas en la invitación dirigida á los Ingenieros de Caminos por el ilustrado y respetable Consejo de Obras públicas, en su circular fecha 1.º de Marzo último, tengo el honor de enviar algunos datos ó noticias relativas al tema segundo que en aquélla se propone, tomados de las observaciones hechas en la explotación del pantano de Puentes.

Conocidos por la mayor parte de los Ingenieros los detalles de la citada obra, sólo recordaremos los más indispensables, que dan una ligera idea de la misma, y habrán de servirnos para la mejor aclaración de lo que posteriormente hemos de exponer.

Emplazado el pantano de Puentes en la cortadura del estrecho del mismo nombre, en el Guadalentín, un kilómetro más abajo, próximamente, de la confluencia de los ríos Vélez y Luchena, se cimentó la presa sobre la roca viva á 24<sup>m</sup>,40 de profundidad, y sobre esta cimentación, de 72 metros de anchura en la parte superior, descansa el cuerpo central del muro, del que parten dos aletas; éstas se unen á aquél por sólidos de revolución, cuyas generatrices son tangentes á las del cuerpo central y á las aletas. El perfil es de la misma forma y dimensiones en toda la obra, disminuyendo la altura del centro á los extremos.

Arranca el muro con 38 metros de espesor en el zócalo, para terminar con 4 metros de ancho en la coronación.

La altura varía con las sinuosidades del terreno, desde 48 metros sobre el nivel del estiaje, en la parte central, hasta anularse en la terminación de las aletas. Sobre la plataforma superior se eleva un pretil de 1 metro de alto del lado de agua arriba, y en el paramento opuesto almenas de iguales dimensiones.

Unido al muro, y en su parte central y del lado del embalse, se alza un torreón circular de 2<sup>m</sup>,70 de diámetro interior, que sube hasta 3<sup>m</sup>,50 sobre el pretil de aquél. En sus paredes hay abiertas aspilleras ó barbacanas para impedir la llegada de objetos á la boca de toma de los grifos de agua clara.

Atraviesan el muro y las laderas en que se apoya tres galerías (plano núm. 1) que tienen su piso al nivel inferior del río, constituyendo el desagüe de fondo, cerradas de ellas con dobles compuertas rectangulares (plano número 2) de 2 metros de alto por 1<sup>m</sup>,25 de ancho las grandes, que son las que se encuentran más cerca del embalse, y de 1<sup>m</sup>,50 de alto por 1 metro de ancho las pequeñas. La otra galería sólo tiene una compuerta de iguales dimensiones que las grandes, si bien actualmente se están ejecutando trabajos para la colocación de una segunda. Desde el paramento de agua abajo, en una y otra ladera, parten galerías que no llegan á comunicar con el embalse, dando acceso á las cámaras de los aparatos para maniobrar las compuertas (plano núm. 3).

Á los 19 metros de altura hay abiertos en el muro, en dirección al torreón de aguas claras hasta comunicar con su interior, dos orificios donde están colocados los grifos, formados por tubos de hierro de 0,60 metros de diámetro interior.

Por último, á los 45 metros de altura del embalse se encuentra el aliviadero de superficie, que es un desmante inmediato á la presa, hecho en la ladera derecha, de 80 metros de ancho, casi todo en roca, y que conduce las aguas sobrantes á un barranco que las vierte al río, dos kilómetros más abajo del muro.

## Efectos causados por el agua á gran velocidad en las galerías ó túneles de fondo.

Los materiales que forman las galerías son la misma roca caliza dura que constituye las laderas en que aquéllas se hallan abiertas; y la gran velocidad del agua, correspondiente á una altura que ordinariamente oscila entre 38 y 42 metros, produce á su paso socavaciones en la parte comprendida entre las compuertas pequeñas y la boca de salida, como á unos 2,50 metros agua abajo de los cajeros, haciéndose más sensibles cuanto mayor es la distancia entre el citado punto y la boca de salida. Así ocurre en el túnel número 2, donde en la longitud de unos 8 metros, las socavaciones alcanzaron una profundidad de 1<sup>m</sup>,20 á 1<sup>m</sup>,40 en la solera, y próximamente igual en las paredes laterales. En el resto de las galerías sólo se perciben leves desperfectos.

De estas observaciones se desprende que la acción destructora y corrosiva del agua en las galerías ó túneles de desagüe formados en roca dura, es de poca importancia, cualquiera que sea la velocidad originada por la carga ó altura del embalse, si el agua sale á boca llena, es decir, si los filetes líquidos, con los materiales arrastrados, deslizan por sus paredes, como forzosamente ha de suceder en el espacio que media entre la sección mayor de la compuerta grande y la menor de la pequeña; y que, por el contrario, cuando estos filetes chocan contra las paredes, ó producen fuertes movimientos vibratorios al pasar á gran velocidad de una sección menor á otra mayor, los efectos se manifiestan por grandes socavaciones. Así se explican también las que se notaron agua abajo de las compuertas pequeñas, porque en éstas es donde se limita con frecuencia el desagüe, no abriendo sino una cierta altura; y al diverger á la salida, los filetes líquidos chocan contra las paredes de las galerías.

Para reparar los desperfectos causados se empleó un relleno de hormigón de cemento Portland, ejecutándose la obra con el mayor esmero; pero durante una evacuación del embalse fué arrancado el del fondo, siendo preciso emplear un emparrillado hecho con carriles de hierro encastrados en las paredes, volviéndose á rellenar el hueco con hormigón. De este modo se ha conseguido dejar reducidas las reparaciones al espacio comprendido entre dos carriles, siendo, por consiguiente, insignificantes las que alguna vez hay necesidad de ejecutar.

Otro de los fenómenos que vamos á examinar es el de las fuertes detonaciones, llamadas aquí *cañonazos*, que se perciben á la salida del agua en las galerías de desagüe.

Fácilmente se explica este fenómeno que produce la fuerza expansiva del aire aprisionado en el interior de las galerías, al llenarse éstas rápidamente de agua á gran presión, ó más bien, por acumulación de pequeños volúmenes de aire en la parte superior durante el desagüe. En la galería núm. 3, cuya compuerta menor está próxima á la boca de salida, no se han oído *cañonazos*. En cambio, en la núm. 2, donde muy cerca de la compuerta se encontraba un túnel transversal, tapado con fuerte muro, al ser éste destruído por el agua en una de las evacuaciones, los *cañonazos* fueron tan grandes, que se temió ocasionaran graves daños, suspendiéndose los desagües por ella hasta rellenarla por completo con obra perfectamente ejecutada.

Para evitar las detonaciones de que nos ocupamos, siempre perjudiciales, se colocaron en el techo de las galerías tubos respiraderos por donde pudiera desalojarse el aire, obteniéndose con ello el buen resultado que se esperaba.

Los cajeros, así como la parte de compuerta que apoya en ellos, son de bronce, encontrándose en buen estado después de diez y siete años de servicio; pero la unión de la plancha de dicho metal con el borde inferior de aquéllas se ha debilitado por la destrucción del hierro, bajo la

acción continua de las filtraciones; inconveniente que se ha remediado con la construcción de una nueva compuerta colocada el año último, haciendo de bronce todo el espesor de la parte que encaja en la solera.

### **Mecanismos de maniobras de las compuertas y grifos.**

Tres de las cuatro compuertas que se utilizan en las galerías de desagüe se manejan por medio de prensas hidráulicas, cuyos émbolos van unidos á los vástagos de aquéllas. Éstos atraviesan el suelo del túnel de maniobras por cajas de estopas, y se unen á las compuertas por fuertes horquillas. El cuerpo de bomba de un acumulador hidráulico, cargado por máquinas de vapor, está en comunicación con el correspondiente á la prensa hidráulica por tubos de alta presión con las llaves necesarias, que permiten inyectar el agua en la parte inferior ó superior del cilindro de las prensas, para conseguir la elevación ó descenso del émbolo, y con ellas abrir ó cerrar el vano de las galerías. Otros tubos de mayores dimensiones parten de los grifos para desembocar en éstas en la parte comprendida entre las dos compuertas, á fin de ejercer en las grandes la contrapresión, dejando de este modo reducido el esfuerzo necesario para elevarlas á su propio peso y al de los accesorios unidos á ellas, prescindiendo de los rozamientos, que en este caso consideramos despreciables.

Levantada la compuerta grande interior, la carga del embalse se ejercerá sobre la pequeña; pero siendo de menores dimensiones que la anteriormente considerada, y pudiendo conservarse en buen estado, las dificultades para su manejo disminuyen considerablemente.

Este sistema ha dado muy buenos resultados en la práctica, especialmente por la sencillez y prontitud en la maniobra, pues un solo hombre, en pocos minutos, abre ó cierra una galería; pero alguna vez, una interrupción en las llaves, y más frecuentemente el fácil deterioro del

cuero de los émbolos, puede retrasar la operación seis ú ocho horas, como ya ha ocurrido. Esto no tiene gran importancia si la evacuación es de aguas claras; mas si aquella maniobra se hace para desalojar una crecida, puede ocasionar perjuicios, que serían muy graves si esta ú otras averías fuesen simultáneas en los demás túneles.

El acumulador hidráulico, que, como ya hemos visto, es el centro de donde parten los esfuerzos necesarios para el juego de los mecanismos, no ha sufrido desde su instalación accidente alguno; pero dadas sus grandes dimensiones y las circunstancias locales de los pantanos, alejados en general de los centros de población, cualquiera causa que lo inutilizase temporalmente podría constituir un peligro, porque durante el plazo, acaso no corto, necesario para su reparación, todas las maniobras quedarían paralizadas, y de sobrevenir en ese intervalo de tiempo una riada considerable, sus arrastres quedarían depositados en el fondo del embalse.

Por todo lo expuesto, y por lo que después habremos de decir, creemos que para que el buen funcionamiento de los mecanismos ofrezca verdadera garantía, deberá adoptarse un doble sistema para el movimiento de las compuertas; es decir, por medio del acumulador y á brazo, con cric ó gatos, empleando este último procedimiento cuando fuese imposible el primero. Esta solución no nos parece difícil, y el exceso de gasto sería relativamente pequeño.

En la galería núm. 3, la compuerta grande se maneja por cric ó gatos, con motivo de haberse inutilizado la prensa que al principio se instaló.

Otro de los accidentes que se presentan es la rotura de la horquilla de enganche entre el vástago y la compuerta, cuando al descender ésta encuentra un obstáculo, ó cuando baja rápidamente hasta chocar con el cajero estando el túnel vacío. Aquellos obstáculos, como ya veremos, suelen ser grandes peñones ó raíces de árboles que se detienen en el estrechamiento de los marcos. La reparación

necesaria para utilizar nuevamente el túnel no puede hacerse sino á largo plazo cuando afectan las roturas á uno de los grandes vanos; es decir, á una de las compuertas interiores, por ser en tal caso indispensable para efectuar la reparación dejar vacío el embalse. Esto sucedió el año 1884 en la galería núm. 1, y recientemente en la número 3.

En los grifos de aguas claras no ha ocurrido interrupción alguna durante el largo espacio de tiempo que están prestando servicio. Diremos, sin embargo, que, siendo la demanda del volumen de agua para los riegos muy inferior, en general, á la que puede suministrarse por ellos, las llaves no pueden estar completamente abiertas, produciéndose con ello choques contra las paredes de los tubos á la salida del agua por la sección que dejan libre las válvulas, choques que originaban fuertes sacudidas, perjudicando los mecanismos de cierre. Para remediar estos inconvenientes, se revistió de obra la parte del tubo que quedaba libre desde las llaves á las bocas de salida, y además se colocan en ésta, á junta plana, por medio de pernos, diafragmas cuya abertura está comprendida entre 0<sup>m</sup>,25 y 0<sup>m</sup>,40. De este modo las vibraciones del tubo quedan más reducidas, y como el agua sale á boca llena, sólo se perciben pequeñas trepidaciones.

### **Limpias en el vaso del pantano.**

Antes de entrar á estudiar el importantísimo punto que enunciamos, nos parece oportuno señalar algunos datos sobre la cuenca del Guadalentín y la importancia de sus avenidas.

Este río toma su nombre en la confluencia de los llamados Vélez y Luchena, y sus vertientes alcanzan una extensión superficial de 2.100 kilómetros cuadrados. En unas y otras, se encontraban los terrenos de sierras y sus estribaciones cubiertos de grandes pinares que poco á

poco fueron desapareciendo, y con ellos la capa vegetal de la superficie, que almacenaba gran cantidad de agua durante las tormentas y períodos lluviosos. Desnudadas casi por completo las partes altas, y aun medias de las montañas, las aguas corren velozmente hacia el valle, y, siendo las pendientes del mismo, tanto en sus laderas como en la vaguadas, tan fuertes que pueden denominarse torrenciales, la crecida aseméjase á una gran ola por la pequeña duración del período máximo y la gran intensidad del mismo.

Á continuación copiamos los datos correspondientes á algunas crecidas extraordinarias.

**Principales crecidas que han ingresado en el embalse del pantano de Puentes desde 1891.**

FECHAS	Agua aportada por los ríos. — Metros cúbicos.	OBSERVACIONES
11 de Septiembre 1891.	12.000.000 en dos días ..	Coincidió con las célebres inundaciones de Consuegra y Almería. Durante veinticinco minutos del período álgido, aportaron los ríos á razón de 1.890 metros cúbicos por segundo.
12 de Septiembre 1897.	15.000.000 en dos días ..	Aportación máxima, 503 metros cúbicos por segundo durante una hora.
26 de Junio 1900.....	45.000.000 en dos días ..	Á la vez embalsaron agua los dos pantanos de Puentes y de Valdeinfierno, siendo, no obstante, la entrada en el de Puentes, durante hora y media del período culminante, á razón de 1.295 metros cúbicos por segundo.

Como se deduce de lo consignado en el estado que precede, las crecidas del río Guadalentín alcanzaron el extraordinario volumen de 1.890 metros cúbicos por segundo, y es tanto más notable, cuanto que durante el estiaje no excede de 400 á 500 litros por segundo.

En lo que se refiere á los tarquines ó légamos, se ha comprobado distintas veces, durante las crecidas, la gran cantidad de aquéllos que llevan en suspensión las aguas, y que llega con frecuencia al 25 por 100 de su volumen.

De aquí se sigue cuán interesante es disponer de medios para dar pronta y fácil salida á las riadas por las compuertas de fondo del embalse, teniendo en cuenta el doble objeto de regular aquéllas, previniendo el peligro de inundación, en el caso de que la capacidad del pantano llegara á ser insuficiente, así como el muy importante de evitar el enronamiento del vaso por el depósito de los arrastres, que, como se dice muy oportunamente en el tema de que nos ocupamos, son uno de los enemigos capitales de los pantanos.

Para aclarar mejor este último punto, vamos á explicar brevemente lo que sucede cuando desemboca una crecida en el vaso. Al encontrarse la corriente con las aguas muertas en la parte más alejada de la presa ó cola del embalse, amortigua su velocidad y deposita en una zona próxima los arrastres que pudiéramos llamar gruesos; pero los tarquines ó légamos y la arena muy fina, conocida aquí por *voladillo*, se extienden por toda la masa líquida, enturbiándola. Al abrirse las compuertas se establece una corriente en el fondo, cuya velocidad va disminuyendo hacia la parte agua arriba, y la masa en movimiento podría compararse teóricamente á un cono horizontal cuyo vértice fuese el centro del vano abierto; de modo que si las tenues partículas, que por la velocidad de entrada tienden á dirigirse hacia la presa, al mismo tiempo que descienden para depositarse hallan á su paso los filetes líquidos en movimiento, éstos las arrastrarán al exterior.

La experiencia ha demostrado lo que acabamos de ex-

poner; esto es, que si al iniciarse una crecida se abren por completo las galerías de fondo, la cantidad de légamos depositada es tan pequeña que apenas se nota variación en los sondeos.

Compréndese por ello que cuanto mayor sea el desagüe, tanto mejor serán expulsados los materiales en suspensión; pero hay que tener en cuenta las dificultades con que se lucha en las maniobras de las grandes compuertas; y si bien es cierto que pudieran reducirse considerablemente sus dimensiones estableciendo mayor número, veremos más adelante que esta solución no deja de tener sus inconvenientes.

La cantidad de tarquines acumulados en el pantano de Puentes es próximamente de unos 7.000.000 de metros cúbicos, cuyo depósito no se ha verificado de una manera regular cada año, sino que los volúmenes parciales han correspondido tanto á la importancia de las crecidas, como al modo de regular éstas. Sucede que si después de un período de gran sequía, en que la escasez de agua en el embalse ocasiona verdaderos conflictos en el regadío, sobreviene una crecida, se procura reponerlo elevando su nivel, para lo cual sólo se abre total ó parcialmente una galería, cerrándola en el momento de aclarar el agua. De este modo, la cantidad de arrastres que quedan en el fondo será mayor que en el caso de haberla desalojado más rápidamente ampliando el desagüe.

Las avenidas extraordinarias del 22 de Mayo de 1884, durante la construcción del muro; de 11 de Septiembre de 1891, y 26 de Junio de 1900, son las que más han perjudicado al embalse de Puentes, reduciendo notablemente con sus légamos la capacidad de aquél.

Los sistemas de limpias pueden clasificarse en dos: el primero, que nosotros denominamos *limpia natural*, y que los extranjeros llaman «limpia española», se emplea en los pantanos antiguos, como el de Tibi, en Alicante, y el de Elche. En el de Tibi se deja transcurrir un espacio de tiempo de unos diez años, durante el cual la capa de tar-

quín llega á unos 18 ó 20 metros de espesor. Para efectuar la limpieza sólo se necesita tener una altura de agua de 3 ó 4 metros, la cual, al romperse la capa de légamos con la apertura de la galería de fondo, arrastra en su movimiento tumultuoso una gran parte de las materias depositadas, y otra parte es arrastrada también por las aguas que después discurren por su vaguada, cuando el embalse queda vacío.

El cierre de la galería está formado por maderos de 0,30 metros de escuadría, colocados verticalmente y empotrados en cajeros hechos en la parte superior y en la solera; el del centro, que sirve como de clave para ajustar perfectamente unos con otros, sólo va apoyado. Esto es lo que constituye el *portón*, el que á su vez descansa en el *contra portón*, que es otra serie de maderos puestos horizontalmente y encontrados en ranuras labradas en las paredes, hasta una cierta altura, para poder manejarlos; y, por último, dos pies derechos con tornapuntas que apoyan en la solera, completan el cierre.

Para efectuar la limpia, un obrero penetra en la galería y va desmontando el *contra portón*, después el *portón*, debilitando poco á poco con un hacha los maderos hasta que nota un leve movimiento en el tarquín; instante que debe aprovechar para salir rápidamente de la galería. Si, por el contrario, roto el *portón*, no acusan movimiento los légamos, continúa el trabajo hasta hacer un hueco que penetre algo más arriba del paramento interior del muro. Fuera ya el obrero, desde la parte superior del muro, y en la vertical del hueco, se hace penetrar una barra á través de los tarquines, hasta llegar á aquél. El agua, al entrar por la perforación, va ensanchándola; y arrastrando légamos hacia la galería, bien pronto rompe la gran masa de aquéllos, produciendo el efecto de una fuerte detonación.

En el de Elche la maniobra es análoga, si bien con la ventaja de terminar la operación desde una galería independiente de la de salida; no obstante lo cual, ofrece peligro para el obrero.

Las *limpías naturales* en los pantanos modernos las estudiaremos al tratar de la del de Puentes.

El segundo sistema de limpia consiste en remover los tarquines por medios artificiales para evacuarlos al exterior. Para ello se ha empleado el aire comprimido inyectado por bombas que pone en acción una turbina movida por la presión del agua. Un tubo flexible, terminado por una pieza de hierro agujereada y en forma de azuche para clavar en el tarquín, conduce el aire comprimido, que, al salir por los agujeros, remueve los légamos, desalojándose el agua turbia por medio de un sifón ó por las compuertas. Un aparato como éste fué construído en 1882 por el Ingeniero francés Martín Calmels. Otros, como Mr. Tremaux, fundados en el mismo principio, proponen el agua á presión, y, por último, Mr. Jandin empleó un ingenioso aparato en forma de sifón, cuya extremidad de agua arriba va provista de una pequeña turbina centrada en el eje del tubo y movida por el agua que entra en el sifón. En el eje de la turbina va una pieza circular con láminas cortantes para arrancar los légamos, siendo extraída el agua fangosa por el ya citado tubo. Este aparato y los anteriormente descritos no dieron en la práctica resultados satisfactorios.

Concretando ahora nuestro estudio al pantano de Puentes, diremos que el procedimiento empleado es el de limpia natural; pero, debiendo concurrir circunstancias especiales para evitar los graves inconvenientes que se presentan, éstas no pueden hacerse con la frecuencia que sería de desear. En primer término, resulta que, estando dedicada la primera zona del regadío, ó sea la más próxima á los partidores de cabeza, al cultivo intensivo, el período de uno á otro riego no excede, en general, de quince días durante los meses de primavera, verano y alguno del otoño; y como, por otra parte, en los riegos de legumbres y hortalizas es preciso que el agua esté clara, pues la turbia perjudica extraordinariamente á esas plantas, de aquí la imposibilidad de hacer el desagüe total en la época anotada.

También la práctica ha demostrado que las aportaciones de agua al embalse durante las limpias no deben ser inferiores á 3 metros cúbicos por segundo; y como las ordinarias no exceden de 1 á 1,5 metros cúbicos por un segundo, es preciso que antes de decidirse á la limpia haya precedido un fuerte temporal de lluvias, ó mejor de nieves, á fin de que el aumento de volumen no sólo exceda de la cifra que hemos tomado como mínima, sino que nos ofrezca la garantía de sostenerse, con pequeña variación, por el espacio de tiempo que prudencialmente se crea disponible.

Otra de las dificultades, aunque no de tanta importancia, es la paralización en que durante la evacuación de las materias depositadas en el embalse quedan los molinos y fábricas de hilados emplazados en las márgenes del Guadalentín, agua abajo de la presa; pues, siendo muy pequeña la pendiente del cauce de conducción de las aguas claras, pronto viene el enronamiento del mismo al paso de las turbias procedentes de la limpia; superando en muchas ocasiones el gasto de la monda que habría de hacerse, al beneficio que se obtendría continuando en actividad las industrias.

Como consecuencia de lo expuesto, la época más oportuna para efectuar las limpias es la que media entre 1.º de Noviembre y últimos de Febrero, no habiendo podido prolongarse ninguna de las que se han hecho más de veinticuatro días, por atender á la imperiosa necesidad del riego con aguas claras.

Los arrastres se depositan, como ya hemos dicho, en toda la longitud de la vaguada, desde el muro hasta la cola del embalse, con pendiente longitudinal hacia la presa. En sentido transversal, en una y otra ladera, aparecen igualmente con inclinación, más ó menos sensible, en dirección á la vaguada.

Abiertas las galerías ó túneles de fondo para proceder á la limpia, las aguas salen cargadas de los tarquines que recientemente se hallan acumulados en las inmediaciones

de las bocas de entrada; pero pasado este primer período, que ordinariamente oscila entre diez y quince minutos, aquéllas se aclaran, y así continúan hasta que en el vaso queda descubierta una gran superficie. En este momento las aguas van abriendo en los légamos surcos que, profundizándose y ensanchando al mismo tiempo, forman barranqueras, sobre las que se desprenden témpanos de tarquín; éstos, al rodar en la corriente, se convierten en grandes bolos, que, según su magnitud ó la distancia desde donde son arrastrados, se disuelven parcial ó totalmente antes de llegar á las entradas de las galerías. Como en ésta, que pudiéramos llamar segundo período, la cantidad de légamos que afluyen es tal que la corriente parece sólo constituida por materia sólida en movimiento, se hace preciso, para evitar atascamiento ó *taco* en los túneles, que se limite la salida á uno solo, á fin de dejar algún embalse en el que puedan diluirse aquéllos.

Otro motivo para hacer la operación del modo que indicamos es el peligro del corrimiento de grandes masas cerca de las bocas de entrada de las galerías, si en los últimos 20 ó 25 metros de altura, en que la capacidad del pantano es relativamente pequeña, se desalojase brusca-mente el agua para dejarlo en seco. A pesar de las precauciones ya dichas, muchos de los bolos no se disuelven y continúan rodando por el fondo hasta entrar en el túnel, donde se conglutinan, dejando escapar pequeñas cantidades de agua y saliendo al exterior como un gran prisma de barro moldeado, que, acumulándose, llega á veces á obturar la galería; entonces se hace preciso emplear obreros que armados de barras y rastros vayan dejando expedita la salida; pero cuando resulta esto infructuoso, la pequeña corriente líquida queda cortada, y detenido el movimiento de los tarquines, viene el atascamiento, llamado aquí *taco*, fenómeno que tiene más probabilidades de producirse cuanto mayor es el espacio de tiempo transcurrido de una á otra limpia. Si este accidente no se presenta, ó si el *taco* rompe, la limpia continúa, y bien pron-

to queda el pantano en seco, dando principio el tercer período.

En éste, las barranqueras de que antes hemos hablado se profundizan, especialmente en la parte próxima á la entrada de las galerías, formando como un escalonado que va avanzando de abajo á arriba, con diferencias de altura cada vez más pequeñas, hasta llegar á una pendiente continua. De las márgenes de este cauce abierto en los légamos se desprenden grandes trozos de aquéllos, que son arrastrados de la manera que explicamos en el período anterior; á veces se unen las márgenes, deteniendo la corriente, hasta que la altura del embalse parcial rompe ó salva el dique, deslizando entonces las grandes masas como avalancha que se dirige al punto de desagüe. Al penetrar en el túnel, puede ser éste insuficiente para darle paso, y si esto ocurre, sobreviene en el momento el atascamiento ó *taco*.

Si en la formación del *taco* sólo entra el tarquín, la presión á que generalmente suele romper es la comprendida entre 20 y 27 metros de carga; pero cuando se nota que, excediendo de ella, no acusa movimiento alguno, se procede á cerrar la compuerta de agua arriba para examinar el túnel; sucediendo en la mayor parte de los casos que el obstáculo está formado por uno ó más peñones que impiden la fácil salida de los légamos, quedando éstos detenidos.

Para desatorar la galería es preciso romper con herramientas manejadas á brazo los peñones que no quepan en el estrechamiento del marco de la compuerta pequeña, ó aquellos otros que no puedan voltearse para sacarlos al exterior; operación pesada por lo reducido del espacio en que se ha de ejecutar, y en la que deberá renunciarse al empleo de explosivos.

Limpio el túnel, se abre la compuerta grande, dejando transcurrir algunas horas para que el *taco*, formado desde el cajero á la base de entrada de la galería, pueda romper. Si así no sucediera, se cierra la compuerta pequeña.

y el espacio cerrado que queda entre aquélla y el *taco*, y se pone en comunicación con los grifos por el tubo de contrapresión, á fin de que el agua á presión penetre en las paredes de éste, le ablande y facilite su deslizamiento. Durante esta maniobra debe dejarse una pequeña abertura en la compuerta de agua abajo, para dar salida á la parte de tarquín que se deshaga. Después se abre ésta, y si durante algunas horas no se percibiese indicio de movimiento, vuelve á repetirse la operación, á la que se le da el nombre de *enjuague*, y así se continúa algunas veces hasta obtener un resultado favorable.

En algunos casos, los *tacos* fueron de tal importancia, que, después de grandes trabajos, sólo rompieron cuando la altura del embalse era ya considerable.

Como ejemplo más notable citaremos el atoramiento de los túneles 2 y 3 en el desagüe total de Enero de 1893. En el primero, rompió el *taco* á los veintiséis días, con 34,69 metros de altura del embalse, y en el segundo, á los dos meses y once días, con 40,19 metros de altura. En la limpia de Febrero de 1898 también quedó atascada la galería núm. 3 con un peñón, y no obstante haberlo roto, dejándola con ello expedita hasta donde aquél se encontraba, no se desatoró hasta el décimo día, en que la altura de agua alcanzó 32,80 metros.

Debemos observar que los atascamientos son tanto más difíciles de vencer cuanto mayor es el tiempo transcurrido de una á otra limpia, como sucedió en la de 1893, que correspondía á un período de nueve años, y en la de 1898, á otro de cuatro.

Los tres desagües restantes, en los que el espacio de tiempo no excedió de un año, se verificaron sin accidente alguno que merezca anotarse.

Continuando el estudio de todos aquellos fenómenos que se relacionan con las limpias, no creemos aventurado exponer que los tarquines se deslizan lentamente hacia los puntos bajos, con movimiento análogo al de los glaciares. De este modo se explica cómo bloques ó peño-

nes desprendidos de las laderas, que al caer quedan entre los légameos á distancia más ó menos grande de la vauada, pasado algùn tiempo, llegan á ésta, continuando su avance hacia la presa. Se comprende igualmente que allí donde la superficie en que descansan los tarquines sea horizontal ó de pendiente muy pequeña no habrá movimiento alguno.

Volviendo ahora á fijar nuestra atención en los accidentes que se producen en las galerías de desagüe, nos parece ocioso hacer resaltar la gravedad que encierra el caso de que aquéllas se inutilizasen, considerando solamente que la prolongación de la vida de un pantano está íntimamente ligada con el buen funcionamiento de los desagües de fondo; y que el peligro apuntado puede llegar, pruébase con lo acaecido en Enero del 93, en que los dos túneles quedaron atascados durante veintiséis días, en cuyo espacio de tiempo, de presentarse una riada, el depósito de tarquines sobre las bocas de las galerías hubiese dificultado mucho más la rotura de los *tacos*, hasta hacerla quizás imposible; de igual modo lo hubiera sido si en éste, como en otros pantanos, la altura disponible no excediera de 34 metros.

De todo lo que llevamos expuesto sobre limpias se desprende cuán necesario es hacer aquéllas con frecuencia, á fin de expulsar del embalse la mayor cantidad posible de tarquines, y para evitar ó hacer menos graves los accidentes que en ellas se presenten.

El número de galerías de fondo deberá ser el de dos ó tres, para prevenir el caso de inutilización, para dar amplitud al desagüe y para regular las crecidas. Cuanto mayor sea la sección de aquéllas, tanto más se facilitará la salida de los materiales depositados; pero ya hemos visto que esta ventaja queda compensada con los inconvenientes que presentan las maniobras en los grandes vanos. Creemos, sin embargo, que podrían armonizarse ambas cosas del modo siguiente: estableciendo dos desagües de fondo de igual forma, dimensiones y mecanismos que los del pan-

tano de que nos ocupamos, y un tercero, mayor, destinado exclusivamente para la limpia, no abriéndose en el desagüe total hasta que la altura del embalse se reduzca á 20 ó 25 metros, ó bien en el momento de quedar en seco, con lo cual el esfuerzo para su manejo quedaría dentro de los límites ordinarios.

Otra de las precauciones que se toman es la de ir rompiendo todos aquellos peñones que aparecen entre los tarquines, cuando éstos adquieren la consistencia necesaria para trabajar sobre ellos.

A continuación presentamos dos estados sobre las limpias: el primero es un resumen de las verificadas hasta el día, y en el segundo se detalla la última de aquéllas.

### Desagües totales del embalse.

Mes.	Año.	Duración.	Aportación de los ríos en metros cúbicos.	Tarquín arrojado. — Metros cúbicos.	OBSERVACIONES
Enero.....	1893	23 horas.	3	816.019	Se suspendió por atascamiento de los túneles.
Diciembre.	1894	23 días..	8	4.500.000	
Febrero...	1898	15 horas.	7	»	Se suspendió por atascamiento de los túneles á causa de dos grandes peñones.
Noviembre.	1898	10 días..	4	1.021.310	
Noviembre.	1900	24 días..	4	4.474.563	»
TOTAL.....		58 días..		10.811.892	

**Tarquin arrojado del embalse durante el quinto desagüe total  
en el año 1900.**

Mes.	Día.	Hora.	Altura del embalse. — Metros.	Aportación de los ríos por primer (limpio). — Metros cúbicos.	Tanto por 100 de tarquin arrojado.	Tarquin arrojado entre dos observaciones. — Metros cúbicos.
Octubre..	28	7 m.	34,72	14.916	»	»
—	29	7 m.	28,79	10.015	20	815.600
—	29	7 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> m.	28,46	6.000	20	24.840
—	29	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> m.	28,46	5.927	20	9.340
—	—	11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> m.	28,45	8.000	20	15.215
—	30	7 m.	27,67	6.500	20	185.180
—	—	2 t.	—	6.500	56	478.576
—	31	7 m.	—	5.000	68	650.250
Noviembre.	1.º	7 m.	—	3.615	45	255.548
—	2	7 m.	—	3.615	38	191.270
—	3	7 m.	—	3.615	32	146.981
—	4	7 m.	—	3.615	25	104.112
—	5	7 m.	—	3.700	23	95.748
—	6	7 m.	—	3.750	22	91.385
—	7	7 m.	—	3.800	20	82.080
—	8	7 m.	—	3.850	20	83.160
—	9	7 m.	—	3.900	21	89.572
—	11	7 m.	—	4.000	15	121.976
—	13	7 m.	—	4.100	16	134.948
—	19	7 m.	—	4.200	15	384.225
—	20	9 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> m.	—	4.200	15	70.041
Diciembre..	3	4 t.	26,10	160.797	2,87	33.269
—	3	8 n.	23,95	55.929	5,20	20.103
—	4	8 m.	—	167.788	20	151.200
—	5	7 m.	—	321.595	27	118.946
—	6	7 m.	—	335.577	13	50.144
—	7	12 n.	—	573.278	11	70.854
—	8	2 t.	15,85	195.754	»	»
TOTAL.....						4.474.563

Un medio que á nuestro juicio haría más eficaces las limpias sería el de establecer un canal de aguas claras que circunvalase gran parte del embalse, con las brencas y tablachos necesarios para arrojar el agua en forma torrencial sobre aquellos puntos donde la acción de los des-

agües totales pueda considerarse como nula. Dadas las condiciones del pantano de Puentes, la capacidad del canal para un gasto de 4 ó 5 metros cúbicos por un segundo la consideramos como suficiente.

No tenemos noticia de que obra semejante á la propuesta se haya construido; pero todo hacer pensar que en aquellos sitios adonde se dirija la corriente de la manera ya indicada, se hará perfectamente la remoción de los tarquines y éstos serán arrastrados al exterior.

Tratando ahora de un modo general la cuestión de limpias en las pantanos, opinamos con la mayoría; esto es, que no está resuelto dicho problema. Testimonio de ello encontramos en el de la localidad, donde si en los primeros años no se hicieron desagües totales por dificultades que no son del caso examinar, en cambio desde 1893 la Empresa concesionaria de esta obra no ha perdonado medios para evitar los depósitos, expulsando la respetable cifra de 10.811.892 metros cúbicos ya acumulados; á pesar de lo cual todavía quedan unos 7.000.000 de metros cúbicos, cantidad que se aproxima á la cuarta parte del volumen máximo del embalse. ¿Podría deducirse de este resultado que, en doble tiempo de servicio aumentarán en igual proporción las materias depositadas? Nos atrevemos á afirmar que no. En primer término, porque al elevarse el nivel de aquéllas en el vaso, la pendiente general, con relación al punto fijo de desagüe, aumenta, y con ella la velocidad de la corriente y su fuerza de arrastre, que en la práctica viene á traducirse en mayor facilidad para el arranque y transporte de los légamos.

Otra de las razones que nos hacen suponer que el aumento ha de ser mucho menor que el correspondiente á una progresión aritmética del tiempo y el volumen de los depósitos, es el mejor conocimiento que después de los años transcurridos se tiene del régimen de los ríos, de sus avenidas, de los mecanismos para los desagües, de las dificultades que en ellas se presentan y manera de vencerlas, y de todos aquellos medios que forman un ver-

dadero sistema preventivo para detener el avance en la altura de los tarquines.

Como consecuencia de lo que llevamos dicho resulta: 1.º, que los pantanos, en los regadíos donde las necesidades de éstos impiden tener largo tiempo abiertas las galerías de fondo, requieren grandes cuidados para evitar su entarquinamiento; 2.º, que, dada la perfección de los mecanismos de que hoy se dispone, puede prolongarse la vida de esas obras, si no indefinidamente, acaso el tiempo bastante para dar solución económica al problema que estudiamos; y 3.º, que en los pantanos destinados exclusivamente á regular crecidas, la cuestión se simplifica dejando casi constantemente abiertos los desagües de fondo, que sólo deberán cerrarse parcial ó totalmente cuando importe regular la crecida de un modo distinto á como se verifica estando levantadas las compuertas, ó ya eventualmente en algunas otras ocasiones.

De estas obras pudiera decirse que el servicio que prestan le prestarán por tiempo indefinido, si un accidente fortuito no las inutiliza. Así se ve que el pantano de Valdeinfierno, donde, al rehabilitarlo para regulador de crecidas, no se colocaron compuertas en su túnel de fondo, dispone actualmente de mayor capacidad que antes de terminar el recrecimiento del muro, pues no solamente ha dado salida por la amplia galería de desagüe á los arrastres de aquéllas, sino que al mismo tiempo han limpiado una buena parte de los tarquines largo tiempo acumulados en él.

Antes de terminar nuestro trabajo, creemos un deber de justicia consignar aquí que consideramos el pantano de Puentes como la obra más acabada, en su clase, de la época actual, pues no sabemos que en ninguna otra se haya llevado á mayor grado el perfeccionamiento en los detalles á que me he referido.

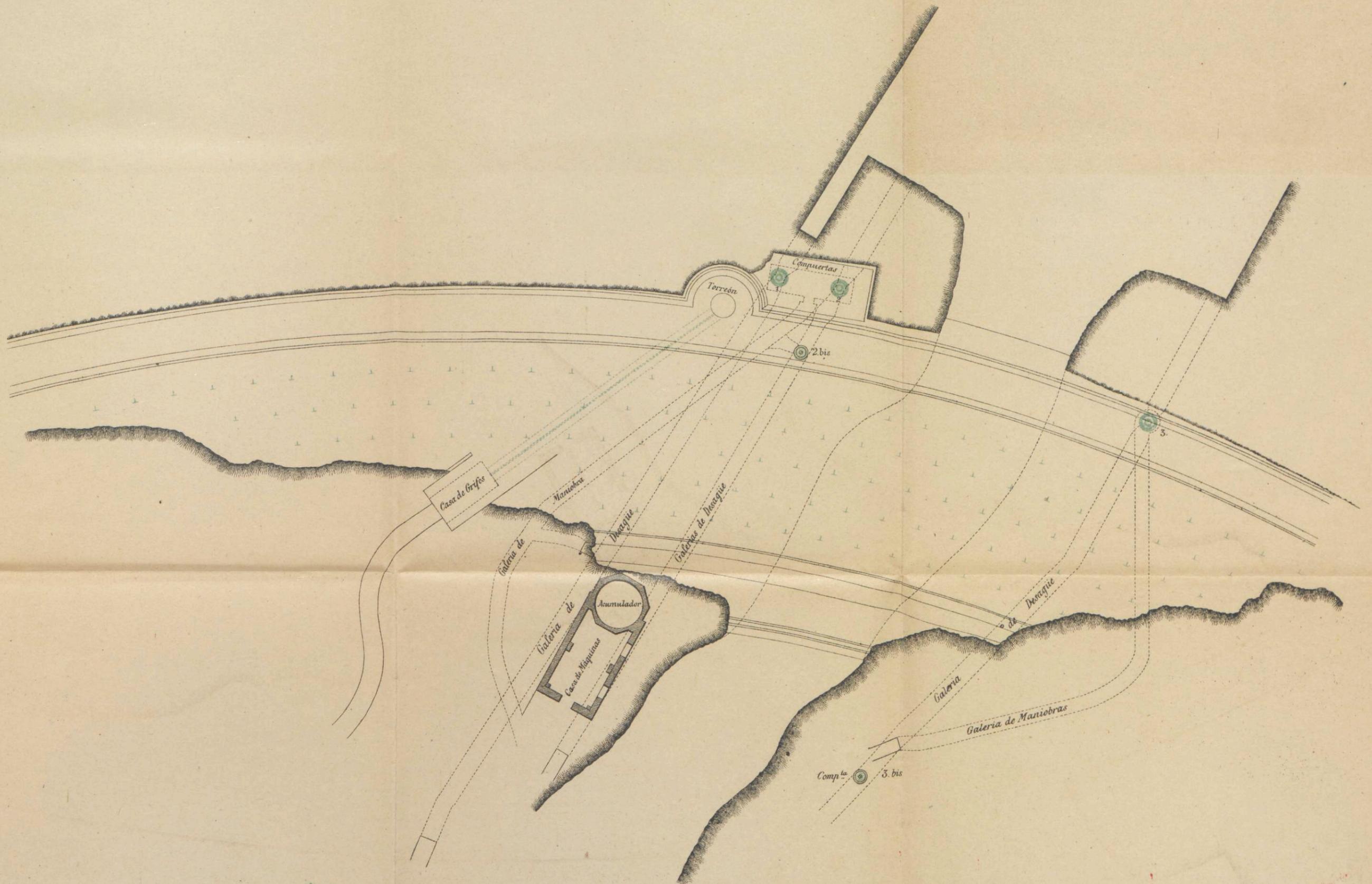
Resumiendo aquello que más interesa señalar, podríamos establecer las siguientes conclusiones:

- 1.<sup>a</sup> El número de galerías de desagüe deberá ser el de dos ó tres.
- 2.<sup>a</sup> En ellas se reforzarán con materiales de gran dureza aquellos puntos que estén sometidos al choque de los filetes líquidos.
- 3.<sup>a</sup> Se colocarán en la parte superior de las galerías tubos respiraderos para evitar las detonaciones ó *cañonazos*.
- 4.<sup>a</sup> Los mecanismos de las compuertas de fondo se maniobrarán por un acumulador ú otro medio que haga rápidas y fáciles las operaciones, y además por aparatos más sencillos, para prevenir el caso de averías en los primeros.
- 5.<sup>a</sup> En el momento de iniciarse una crecida, se abrirán las galerías de fondo, y así permanecerán hasta que el agua salga clara.
- 6.<sup>a</sup> Las limpieas en el embalse se practicarán cuantas veces se encuentre ocasión oportuna.
- 7.<sup>a</sup> Debería establecerse en los nuevos pantanos una galería de fondo de mayores dimensiones que las otras, destinada exclusivamente para las limpieas.
- 8.<sup>a</sup> Que, como medio auxiliar para hacerlas más eficaces, convendría ejecutar un canal de aguas claras que circunvalara el embalse, para dirigir aquéllas á los puntos adonde no llegara la acción de las llamadas «limpieas naturales»; y
- 9.<sup>a</sup> En los pantanos que sólo prestan el servicio de reguladores de avenidas, las galerías de fondo permanecerán siempre abiertas, no cerrándose sino en casos muy excepcionales y por poco tiempo.

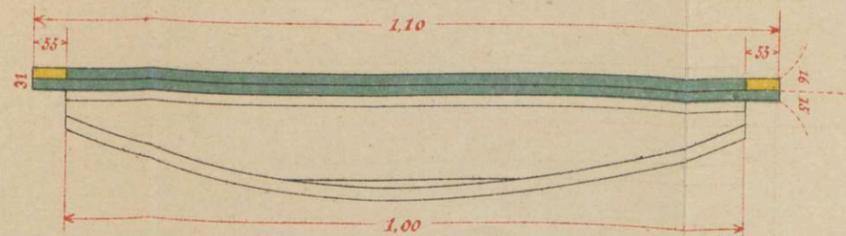
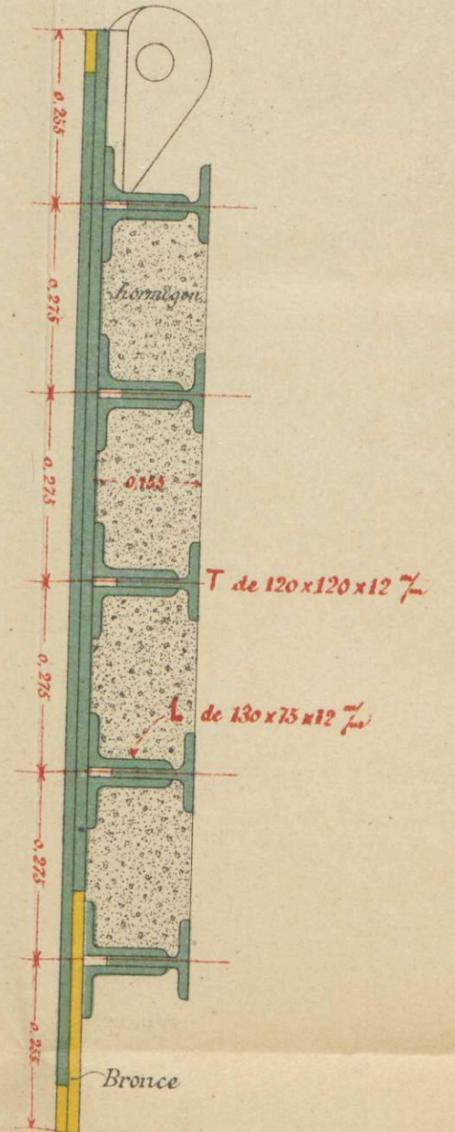
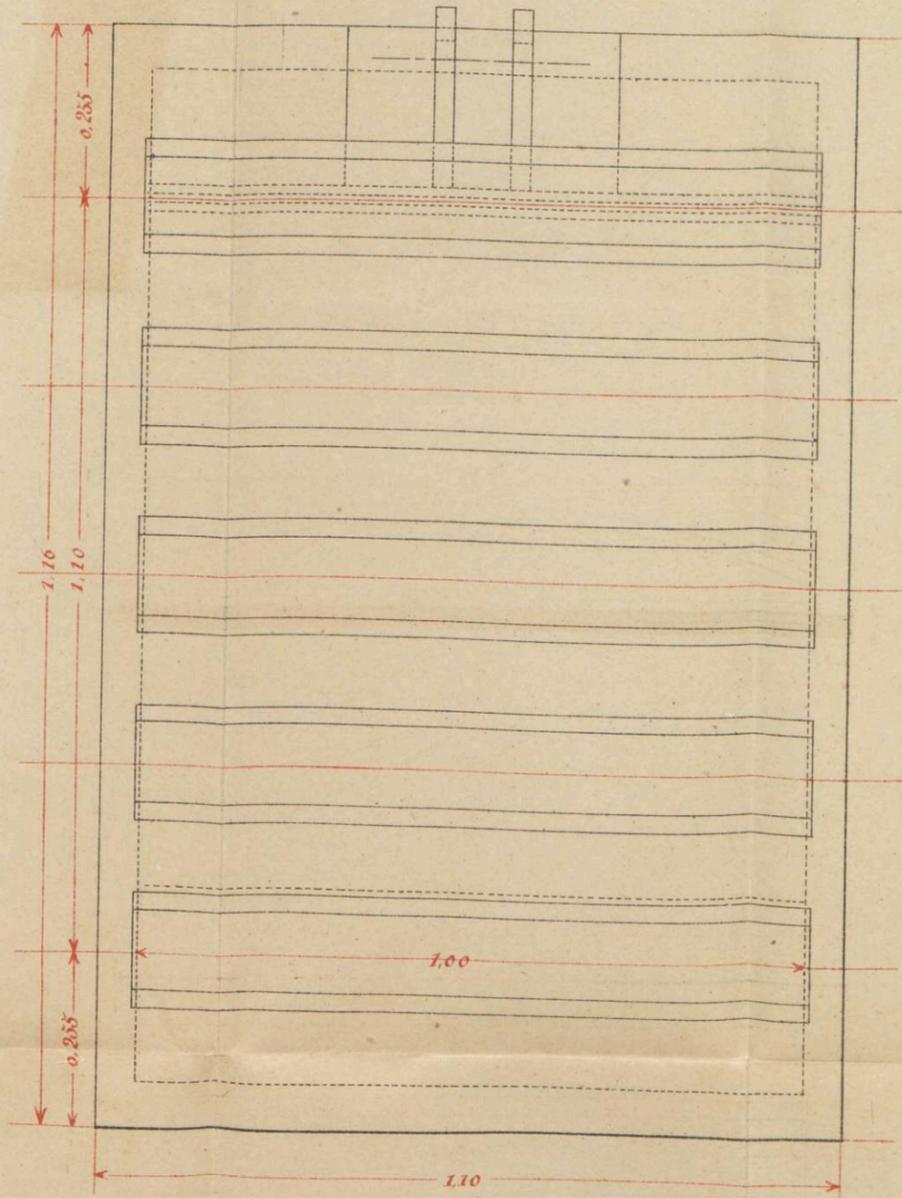
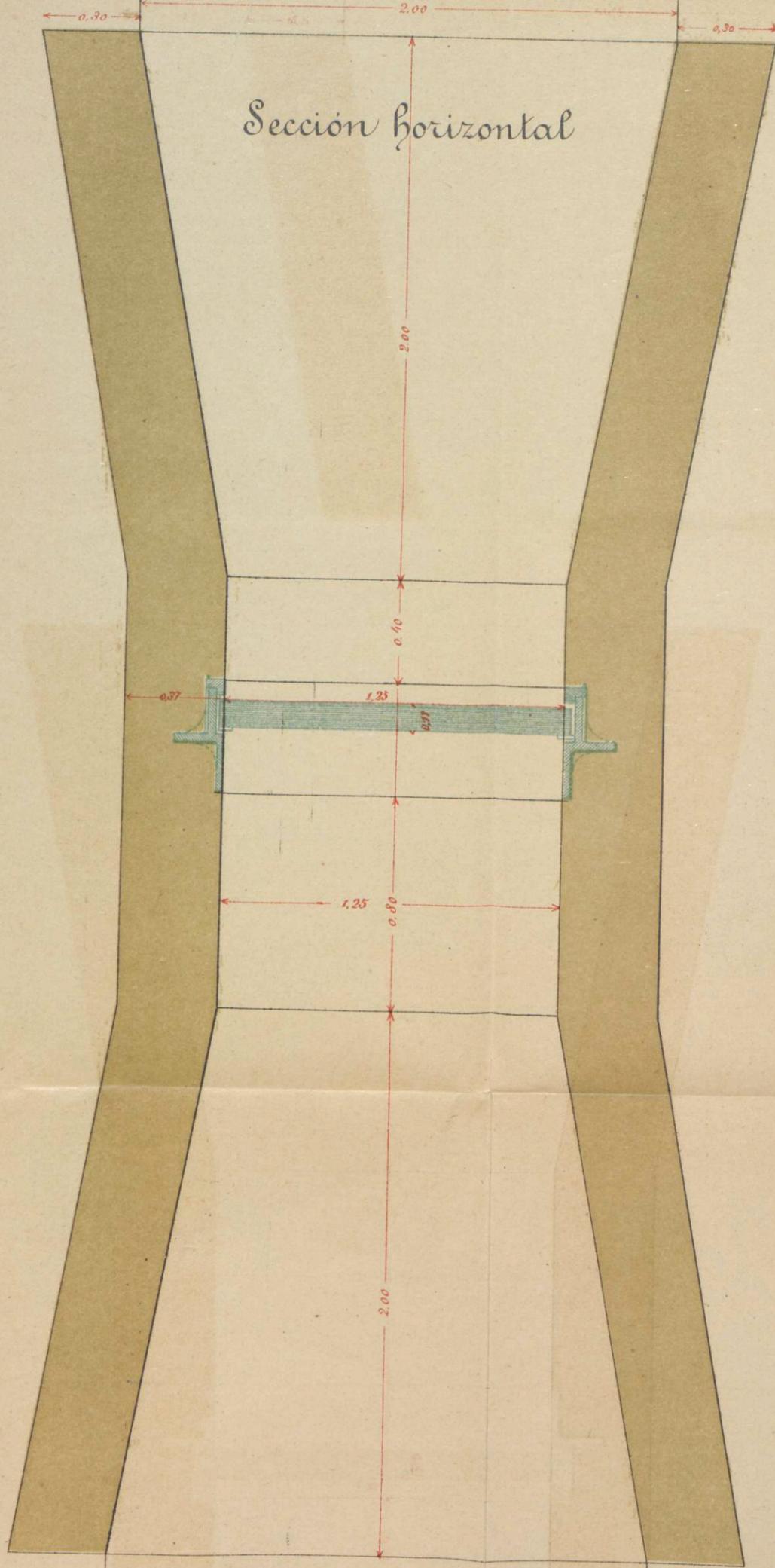
Réstanos, por último, elevar al juicio y benevolencia de la Superioridad nuestro modesto trabajo.

Lorca 30 de Mayo de 1901.— El Ingeniero, RICARDO EGEA.

## PLANO DE GALERIAS



Compuerta 3 bis, últimamente construida.

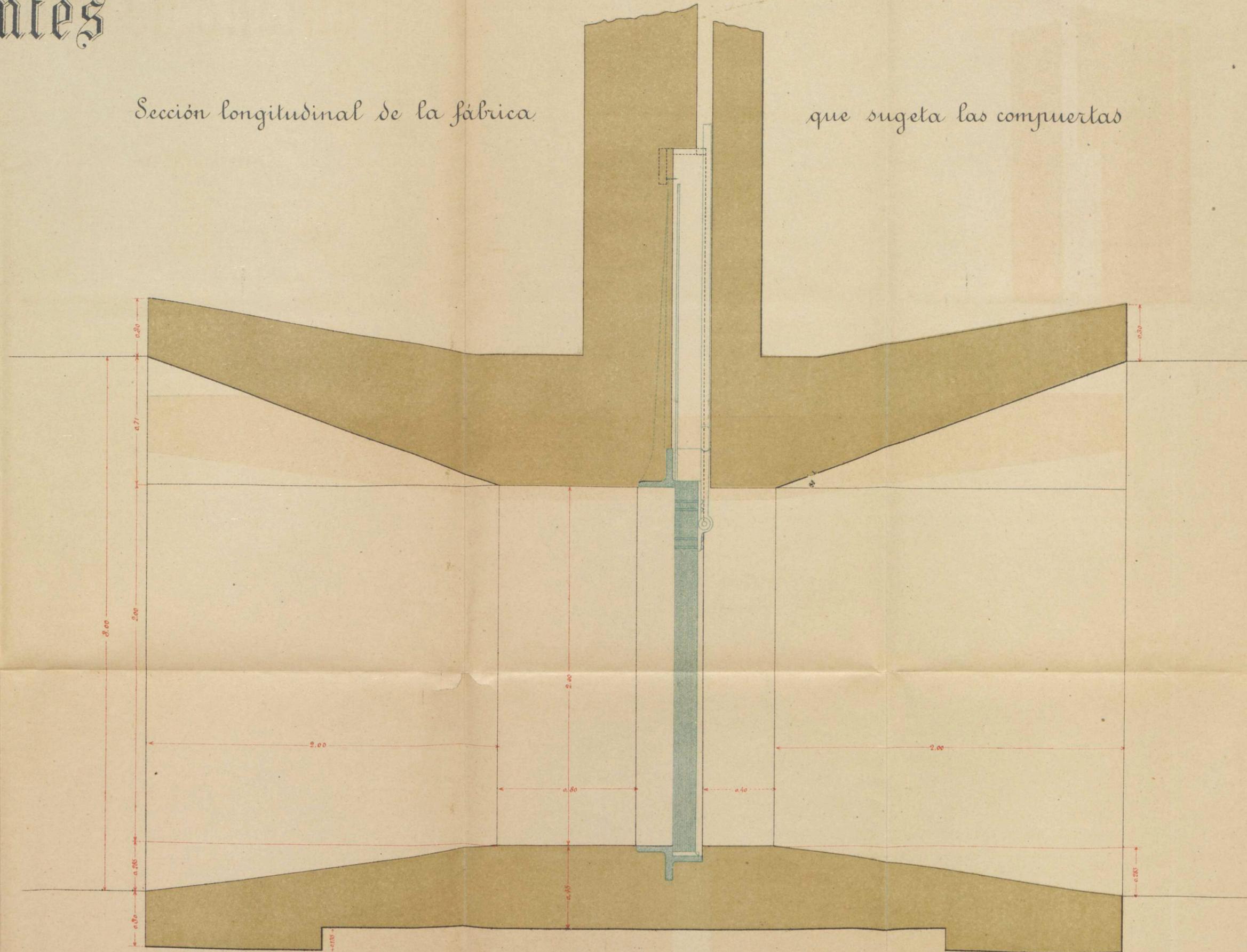
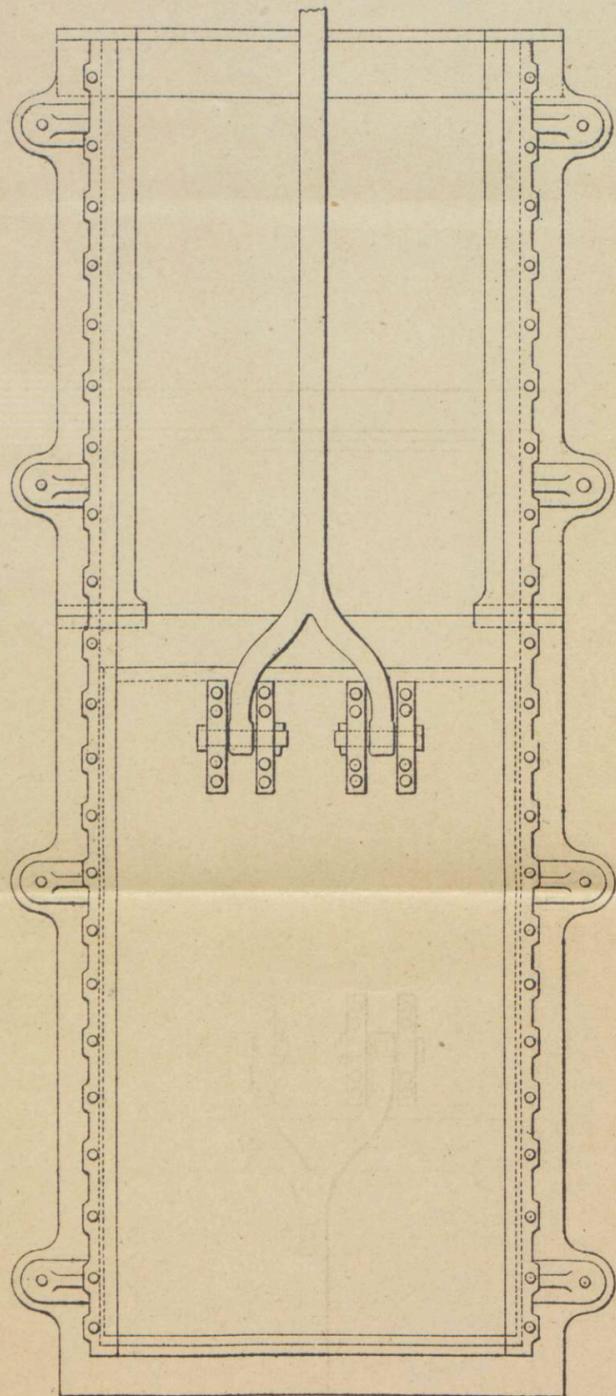


# Pantano de Puentes

Sección longitudinal de la fábrica

que sujeta las compuertas

Compuerta



## CÁMARA DE LAS PRENSAS DE LA MARGEN DERECHA

APARATO PARA MOVER LAS COMPUERTAS

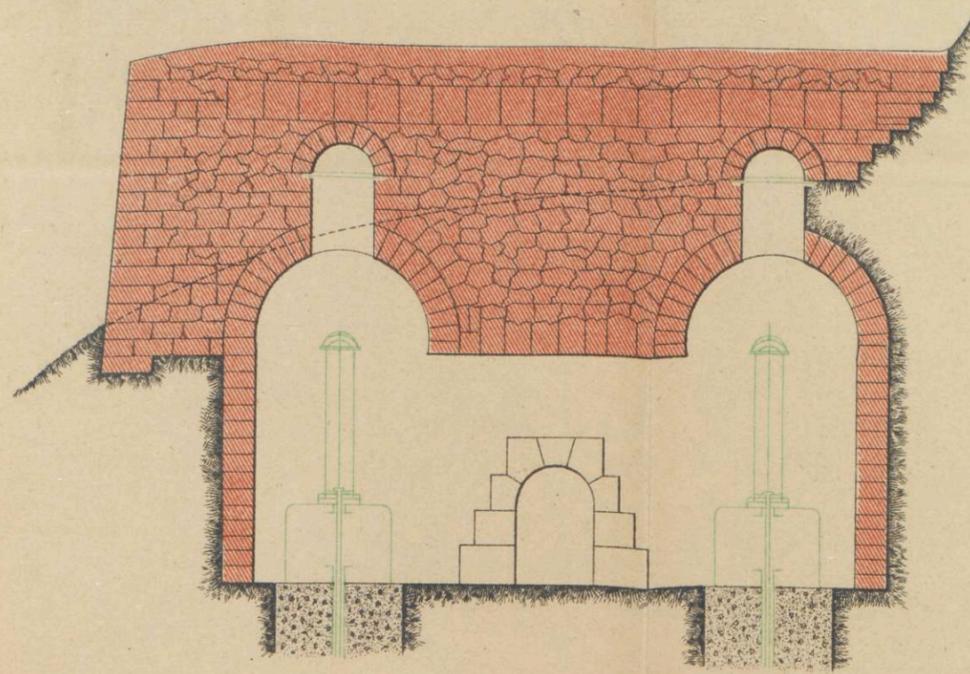
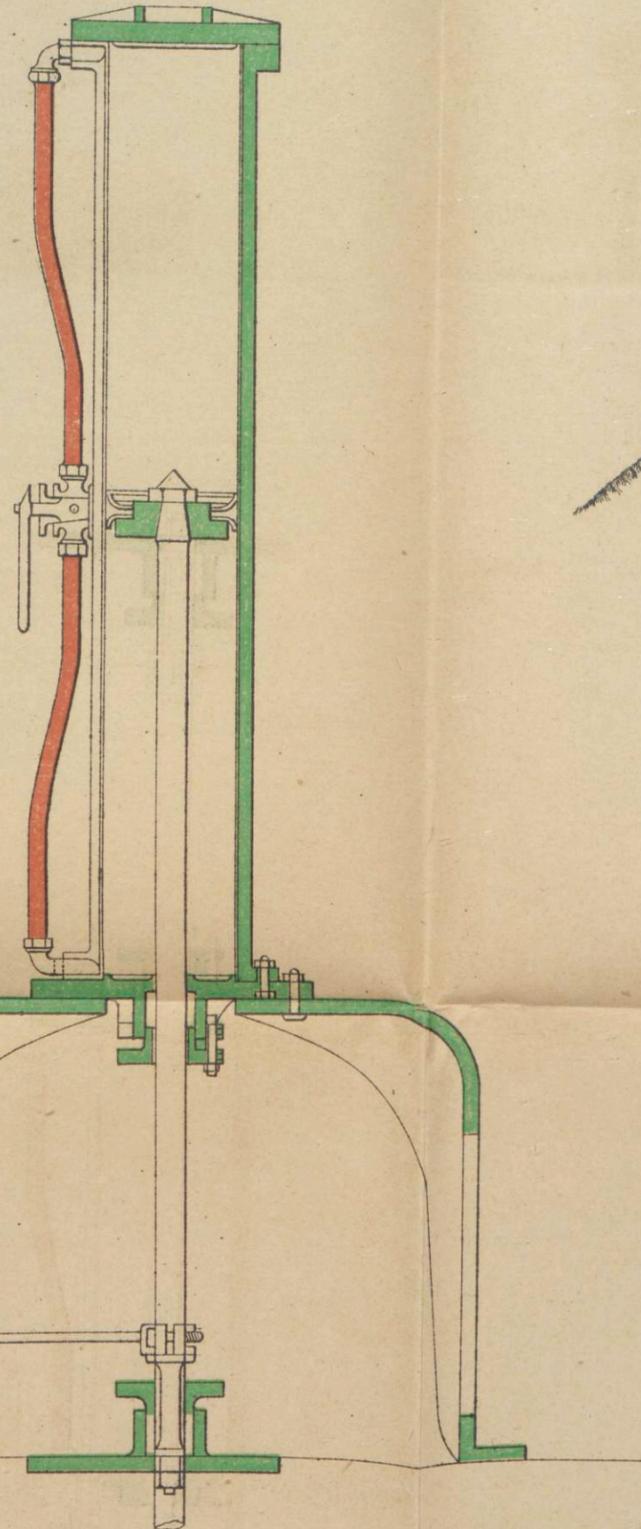
Escala de 1:100.

CÁMARA DE LA PRENSA DE LA MARGEN IZQUIERDA.

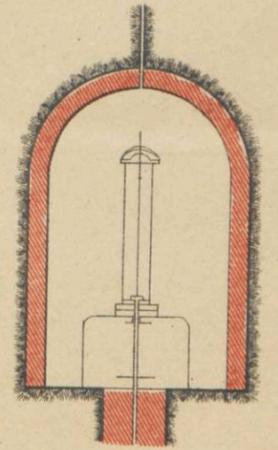
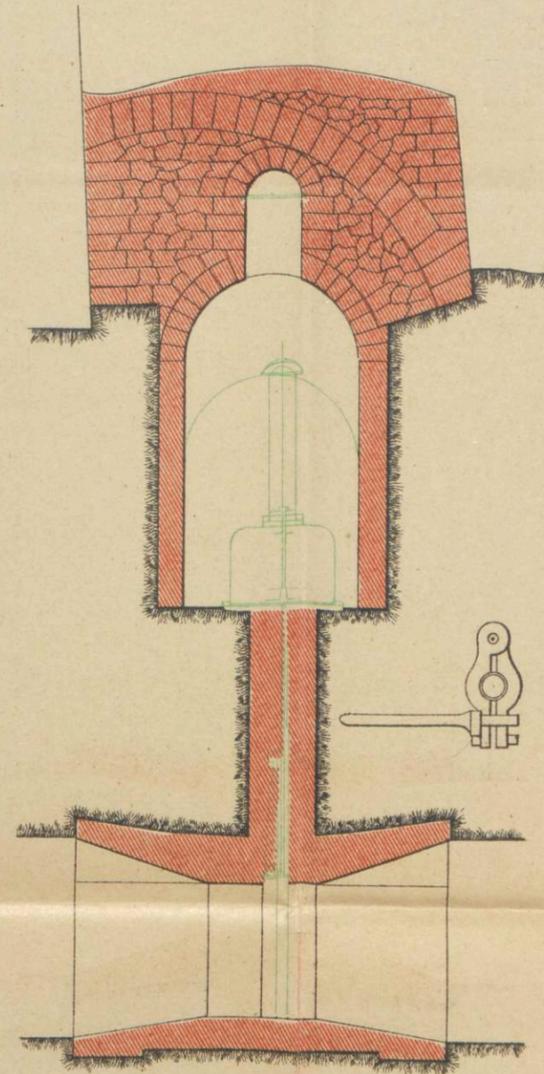
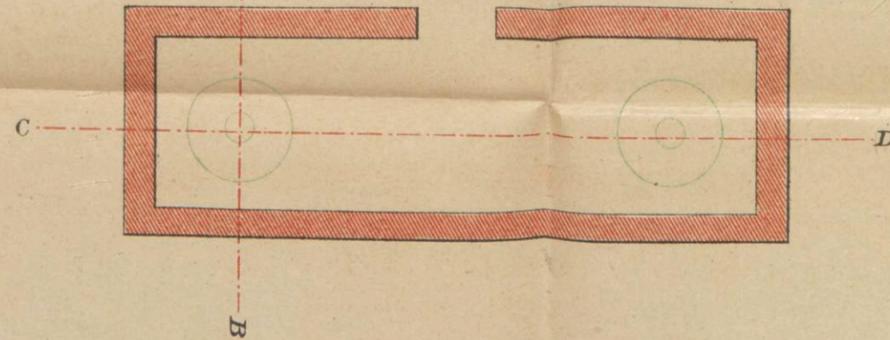
SECCIÓN POR C.D.

SECCIÓN POR A.B.

SECCIÓN POR A.B.



PLANTA



PLANTA.

